

YDINTURVALLISUUS

Suomi ja lähialueet

Neljännesvuosiraportti 1/2002

Kirsti Tossavainen (toim.)

ISBN 951-712-579-8 (nid.)
ISBN 951-712-580-1 (pdf)
ISBN 951-712-581-X (html)
ISSN 0781-2884

Dark Oy, Vantaa 2002

TOSSAVAINEN Kirsti (toim.). Ydinturvallisuus, Suomi ja lähialueet. Neljännesvuosiraportti 1/2001. STUK-B-YTO 217. Helsinki 2002. 22 s. + liitteet 4 s.

Avainsanat: painevesireaktori, kiehutusvesireaktori, ydinvoimalaitosten käyttökokemukset

Tiivistelmä

Säteilyturvakeskuksen (STUK) neljännesvuosittaisessa ydinturvallisuusraportissa esitetään tietoja Suomen ja Suomen lähialueiden ydinlaitosten käytöstä sekä turvallisuuden vaikuttaneista ja yleistä mielenkiintoa herättäneistä tapahtumista. Tarpeen mukaan raportoidaan myös muiden maiden ydinvoimalaitosten merkittävistä tapahtumista. Lisäksi raportoidaan Suomen ydinlaitosten ydinmateriaalivalvontaan ja STUKin valmiustoimintaan liittyvistä merkittävistä asioista sekä STUKin toiminnasta ydinlaitosten valvontaviranomaisena.

Vuoden 2002 ensimmäisellä vuosineljänneksellä Suomen ydinvoimalaitokset olivat tuotantokäytössä lukuun ottamatta Olkiluoto 2:lla tammikuussa ollutta lyhyttä seisokkia, jossa vaihdettiin matalapaineturbiinin venttiilejä. Vuosineljänneksen käyttötapahtumilla ei ollut merkitystä turvallisuudelle. Valvontansa perusteella STUK katsoo, että laitossyksiköiden käyttö oli turvallista.

STUK suoritti vuosineljänneksellä tutkinnan, jolla arvioitiin Teollisuuden Voima Oy:n päätöksentekoa ja menettelyjä Olkiluoto 2:n matalapaineturbiinin venttiilivikojen käsittelyssä ja matalapaineturbiinin suojausjärjestelmän tilapäisen automaatiomuutoksen tekemisessä.

Raportissa selvitetään ympäristön säteilyturvallisuutta vuonna 2001. Työntekijöiden säteilyturvallisuudesta vuonna 2001 on raportoitu vuoden 2001 viimeisen neljänneksen raportissa.

STUK, Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA ja Euratom ydinmateriaalitoimisto ESO tarkastivat sekä Loviisan että Olkiluodon laitoksella ydinmateriaalien kirjanpito- ja raportointiasiakirjat, todensivat polttoainealtaissa olevat polttoaineniput sekä tekivät tarvittavat valvontakameroiden huoltotoimet ja sinetöinnit.

Vuosineljänneksen aikana Suomessa ei ollut tilanteita, jotka olisivat vaarantaneet väestön tai ympäristön säteilyturvallisuutta ja antaneet aiheutta ryhtyä suojelutoimiin. Säteilytilanne oli Suomessa normaali koko vuosineljänneksen ajan.

STUK jatkoi ulkoasiainministeriön rahoituksella 10 vuotta sitten alkanutta yhteistyötä Suomen lähialueiden ydinturvallisuuden parantamiseksi. STUK toimi parannushankkeiden koordinoijana ja osallistui itse niiden toteutukseen.

Raportissa on myös kuvaus USA:n Davis-Bessen ydinvoimalaitoksen reaktoripainesäiliön kannen syöpymästä, joka johtui booria sisältävän primäärijäähdytteen pitkäaikaisesta vuotamisesta kannen ulkopinnalle. Syöpyneessä kohdassa metallin ainevahvuus oli vain noin 10 millimetriä, mikä vastaa hiiliteräksisen painesäiliön sisäpintaan ruostumattomasta teräksestä hitsatun pinnoitteen paksuutta. Tapahtuma luokiteltiin INES-luokkaan 3. Raportissa selvitetään myös Davis-Bessen laitoksen kanssa samaa tyyppiä olevan Loviisan laitoksen toimenpiteitä vastaavan tapahtuman estämiseksi.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	5
2 SUOMEN YDINVOIMALAITOKSET	6
2.1 Loviisan voimalaitos	6
2.1.1 Käyttö ja käyttötapaukset	6
2.1.2 Ympäristön säteilyturvallisuus vuonna 2001	6
2.2 Olkiluodon voimalaitos	10
2.2.1 Käyttö ja käyttötapaukset	10
2.2.2 Ympäristön säteilyturvallisuus vuonna 2001	13
2.3 Valvontatoiminta	14
3 YDINJÄTEHUOLTO	14
4 YDINMATERIAALIVALVONTA	15
5 STUKIN VALMIUSTOIMINTA	16
5.1 Valmiustoimintaan liittyneet tapahtumat	16
5.2 Poikkeavat säteilyhavainnot	17
5.3 Valmiusharjoitukset ja yhteyskokeilut	19
6 LÄHIALUEEN YDINVOIMALAITOKSET	20
6.1 Käyttötapaukset	20
6.2 Lähialueyhteistyö Venäjän ja Baltian maiden ydinturvallisuuden parantamiseksi	20
7 MERKITTÄVIÄ TAPAHTUMIA MUILLA YDINVOIMALAITOKSILLA	21
LIITE 1 YDINVOIMALAITOSTEN VALVONTA	23
LIITE 2 YLEISTIEDOT SUOMEN YDINVOIMALAITOKSISTA	24
LIITE 3 STUKIN VALMIUSTOIMINTA	25
LIITE 4 INES-ASTEIKKO	26

1 Johdanto

Ydinenergialain (990/1987) mukaisesti Säteilyturvakeskus (STUK) valvoo ydinenergian käytön turvallisuutta. STUK huolehtii myös turva- ja valmiusjärjestelyjen valvonnasta sekä ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisesta ydinenergian käytön valvonnasta. Ydinvoimalaitoksiin kohdistuvan valvonta- ja tarkastustoiminnan osa-alueet esitetään liitteessä 1. Suomen ydinvoimalaitoksia koskevat yleistiedot ovat liitteessä 2.

STUK julkaisee neljännesvuosittain raportin, jossa kuvataan Suomen ja sen lähialueiden ydinlaitosten käyttöä sekä turvallisuuden kannalta merkittäviä tapahtumia. Tarpeen mukaan raportoidaan myös muiden maiden ydinvoimalaitosten merkittävistä tapahtumista. Raportissa esitetään myös merkittäviä Suomen ydinjätehuoltoa ja ydinmateriaalivalvontaa koskevia asioita. Lisäksi

raportoidaan STUKin valmiustoiminnasta. Yleiskuvaus valmiustoiminnasta esitetään liitteessä 3.

Tässä, vuoden 2002 ensimmäisen neljänneksen raportissa kuvataan Suomen ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyturvallisuutta vuonna 2001. Laitosyksiköiden henkilökunnan säteilyturvallisuutta on selvitetty neljännesvuosiraportissa 4/2001 (STUK-B-YTO 214).

Raportti perustuu STUKin valvontatoimintaansa, valmiustehtävässään sekä lähialueyhteistyön koordinoinnissa saamiinsa tietoihin ja tekemiinsä havaintoihin. Suomen ydinvoimalaitoksilla sattuneet tapahtumat luokitellaan ydinlaitostapahtumien kansainvälisen vakavuusasteikon (INES, International Nuclear Event Scale) mukaisesti. INES-asteikko esitetään liitteessä 4.

2 Suomen ydinvoimalaitokset

*Kirsti Tossavainen, Tarja Ikäheimonen, Seppo Klemola, Jarmo Konsi,
Hannu Ollikkala, Suvi Ristonmaa, Päivi Salo, Seija Suksi, Keijo Valtonen*

2.1 Loviisan voimalaitos

2.1.1 Käyttö ja käyttötapaukset

Loviisan ydinvoimalaitoksen kumpikin yksikkö oli tuotantokäytössä koko vuosineljänneksen. Loviisa 1:n energiakäyttökerroin vuosineljänneksellä oli 100,8 % ja Loviisa 2:n 99,5 %. Laitosyksiköiden sähköntuotantoa kuvaavat diagrammit ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 1 ja 2.

Turvallisuusteknisten käyttöehtojen vastaisesti tehty ennakkohuoltotyö Loviisan laitoksella

Loviisan laitosyksiköillä tehtiin 14.3.2002 ennakkohuoltotöitä, joiden vuoksi reaktorin suojakuoren ulkopuolisen ruiskutusjärjestelmän rinnakkaiset osajärjestelmät Loviisa 1:llä olivat vajaa-kuntoisia noin 9 tunnin ajan.

Suojakuoren ulkopuolisen ruiskutusjärjestelmän tehtävänä on vakavassa reaktorionnettomuudessa estää suojarakennuksen ylipaineistuminen ja sen seurauksena mahdollisesti tapahtuva radioaktiivisten aineiden hallitsematon päästö. Järjestelmä käynnistetään sen omasta valvomosta, kun suojarakennuksen paine on noussut suunnittelupaineeseen. Sähkönsyöttö järjestelmille on varmistettu kahdella dieselgeneraattorilla. Kummankin laitosyksikön dieselgeneraattori voi syöttää sähköä molempien laitosyksiköiden järjestelmille.

Loviisa 2:lla aloitettiin ruiskutusjärjestelmän dieselgeneraattorin ennakkohuoltotyöt klo 8.20. Huollon aikana mm. Loviisa 1:n ruiskutusjärjestelmän toinen pumppu oli ilman dieselvarmennusta. Turvallisuusteknisten käyttöehtojen mukaan aikaa työn tekemiseen oli enintään 21 vuorokautta. Kopiot Loviisa 2:lla tehtävän huollon työmääräimestä toimitettiin Loviisa 1:n valvomoon, ja vuoropäällikkö kirjasi tapahtuman päiväkirjaan. Vuoropäällikkö antoi erehdyksessä lä-

hes samanaikaisesti luvan järjestelmän toisen pumpun suodattimen puhdistamiseen, mikä työ saatiin valmiiksi klo 18.00. Työn aikana ruiskutusjärjestelmän pumput eivät olleet käyttökunnossa: toisen pumpun sähkönsyöttö oli ilman dieselvarmennusta ja toinen pumppu kokonaan pois käytöstä. Viasta johtuvana tällainen tilanne on turvallisuusteknisten käyttöehtojen mukaan sallittu, mutta ennakkohuollon vuoksi vain yksi osajärjestelmä kerrallaan saa olla käyttökunnoton.

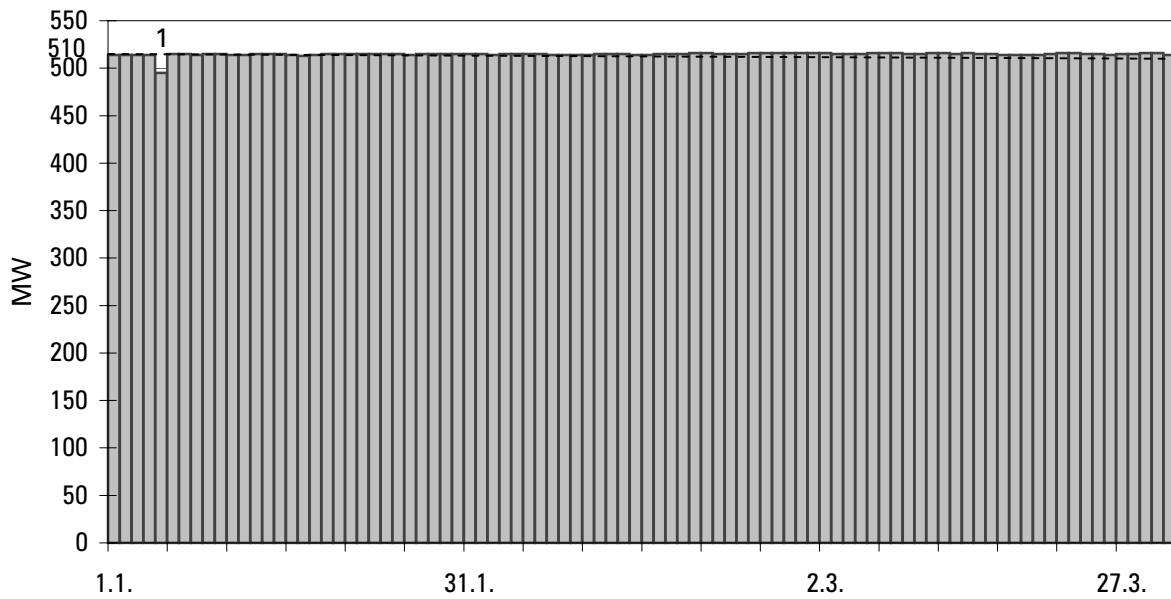
Tapahtuman turvallisuusmerkitys oli vähäinen. Tapahtuma kuitenkin osoitti, että turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa asetettujen rajoitusten noudattamisessa on parantamisen varaa silloin, kun rajoitukset koskevat laitosyksiköiden yhteisten järjestelmien ennakkohuoltoja. Tapahtuman INES-luokka on 0.

Voimayhtiö toimitti maaliskuussa tapahtumasta yksityiskohtaisen selvityksen STUKille. Tapahtuman johdosta Loviisan voimalaitoksella tarkistetaan käynnin aikana tehtävien ennakkohuoltotöiden ajoitusta. Lisäksi käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön koulutuksessa painotetaan mm. kummallekin laitosyksikölle yhteisten järjestelmien erityispiirteitä ja merkitystä.

2.1.2 Ympäristön säteilyturvallisuus vuonna 2001

Radioaktiivisten aineiden päästöt Loviisan ydinvoimalaitokselta ympäristöön olivat vuonna 2001 huomattavasti alle asetettujen päästörajojen. Radioaktiivisten jalokaasujen päästöt ilmaan olivat noin 0,03 % asetetusta rajasta. Jalokaasupäästöissä hallitsevana oli reaktoripaineastian ja biologisen suojan välisessä ilmassa olevan argon-40:n aktivointituote argon-41. Radioaktiiviset jodipäästöt olivat alle havaitsemisrajan. Mereen päästettyjen vesien tritiumsisältö 14 TBq on noin 10 % päästörajasta. Muiden mereen päästettyjen nuklidien yhteenlaskettu aktiivisuus oli 1,3 GBq,

Lo 1, 1/2002

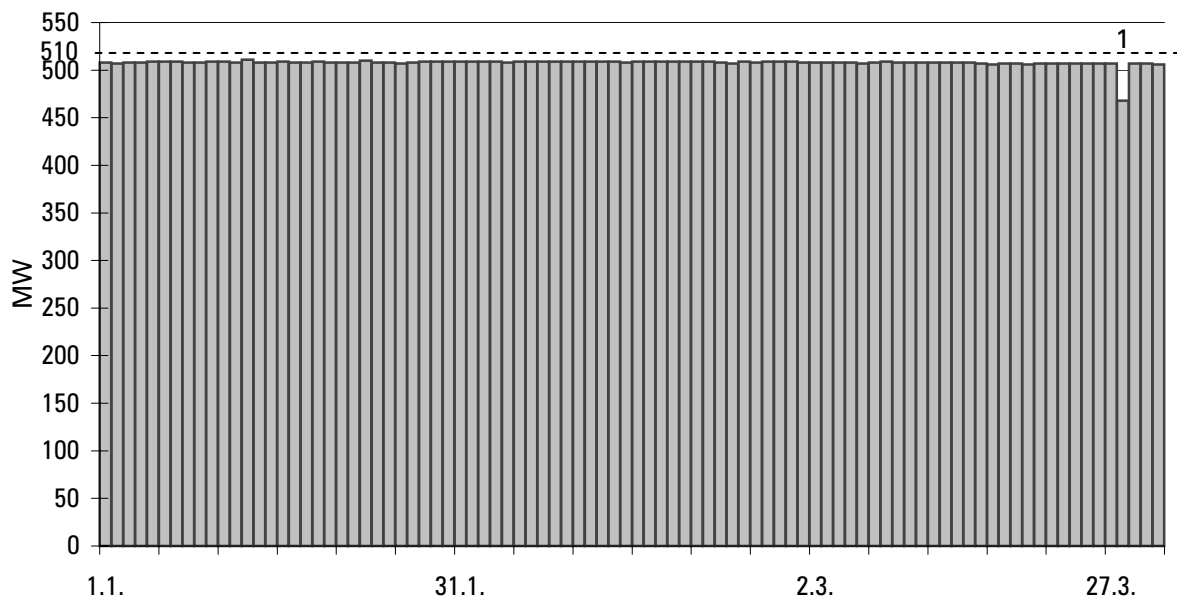


1 Pääkiertopumppu YD13D001 pysähtyi tiivisteveden virheellisen virtausnopeussignaalin seurauksena ja reaktorin teho laski noin 80 %:iin. Tehonnostovaiheessa

toinen pääkiertopumppu, YD11D01, pysähtyi sen tiivisteveden viallisen lämpötilamittauksen aiheuttamasta signaalista.

Kuva 1. Loviisa 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2002.

Lo 2, 1/2002



1 Toisen turbiinin höyryvuodon korjaus.

Kuva 2. Loviisa 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2002.

Taulukko I. Mitatut radioaktiivisten aineiden päästöt Loviisan ja Olkiluodon laitoksella vuonna 2001.

Päästöt ilmaan (Bq) a)					
Laitospaikka	Jalokaasut (krypton 87 -ekviva- lenteina)	Jodit (jodi 131 -ekviva- lenteina)	Hiukkas- maiset aineet	Tritium	Hiili 14
Loviisa					
Päästö vuonna 2001	$5,0 \cdot 10^{12}$	– b)	$4,1 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^{11}$	$3,1 \cdot 10^{11}$
Vuosipäästöraja	$2,2 \cdot 10^{16}$ c)	$2,2 \cdot 10^{11}$ c)			
Päästön osuus päästörajasta	0,03 %				
Olkiluoto					
Päästö vuonna 2001	$5,7 \cdot 10^{10}$	– b)	$3,3 \cdot 10^7$	$3,9 \cdot 10^{11}$	$8,7 \cdot 10^{11}$
Vuosipäästöraja	$1,77 \cdot 10^{16}$	$1,14 \cdot 10^{11}$			
Päästön osuus päästörajasta	0,0004 %				
Päästöt veteen (Bq) a)					
Laitospaikka	Tritium	Muut nuklidit			
Loviisa					
Päästö vuonna 2001	$1,4 \cdot 10^{13}$	$1,3 \cdot 10^9$			
Vuosipäästöraja	$1,5 \cdot 10^{14}$	$8,9 \cdot 10^{11}$ c)			
Päästön osuus päästörajasta	10 %	0,2 %			
Olkiluoto					
Päästö vuonna 2001	$9,0 \cdot 10^{11}$	$8,7 \cdot 10^8$			
Vuosipäästöraja	$1,83 \cdot 10^{13}$	$2,96 \cdot 10^{11}$			
Päästön osuus päästörajasta	5 %	0,3 %			

a) Päästettyjen aineiden aktiivisuus, yksikkö becquerel (Bq): 1 Bq = 1 ydinmuutos sekunnissa.

b) Jodipäästöt olivat alle havaitsemisrajan, joka merkittävimmälle jodi-isotoopille jodi 131:lle oli noin $1 \cdot 10^6$ Bq/kk Loviisassa ja noin $3 \cdot 10^6$ Bq/kk Olkiluodossa.

c) Lukuarvo ilmoittaa laitosaluetta koskevan nuklidiryhmäkohtaisen päästörajan olettaen, että muita päästöjä ei tapahtuisi. Kokonaispäästöraja lasketaan siten, että eri ryhmien päästörajaosuuksien summa on enintään 1.

mikä on noin 0,2 % päästörajasta. Mitatut radioaktiivisten aineiden päästöt esitetään taulukossa I.

Päästörajojen tarkoituksena on laitosten käytöstä aiheutuvan ympäristön väestön yksilöiden vuotuisen säteilyaltistuksen rajoittaminen selväs-

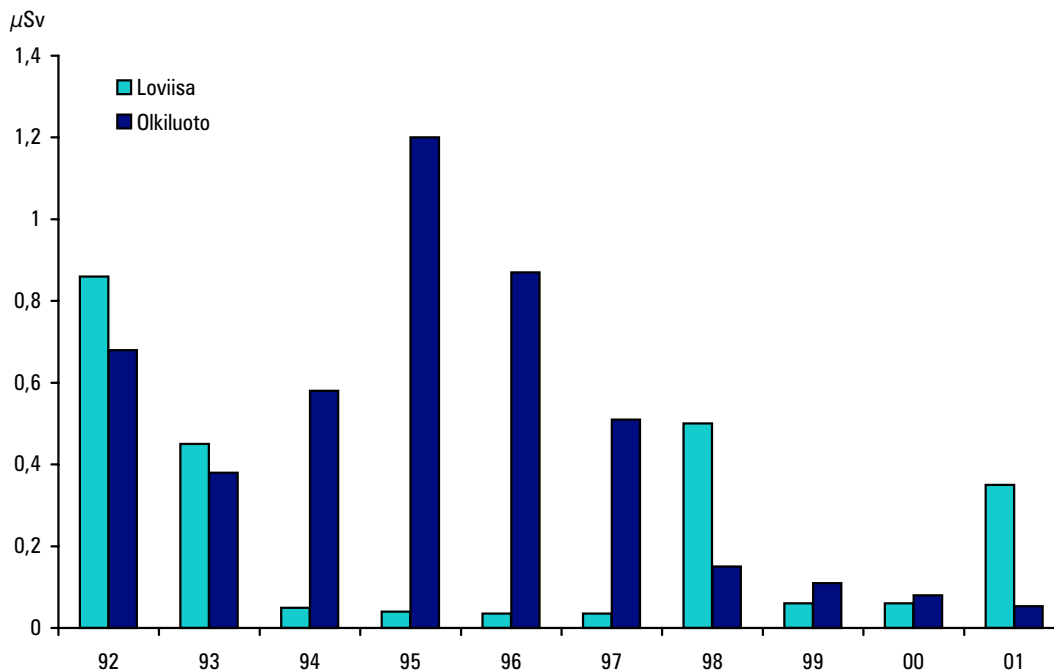
ti alle valtioneuvoston päätöksessä (395/1991) määritellyn raja-arvon 100 mikroSv. Päästöjen perusteella laskettu säteilyannos ympäristön eniten altistuneelle asukkaalle oli noin 0,35 mikroSv eli 0,4 % asetetusta rajasta. Vuotuisia laskennallisia säteilyannoksia esitetään kuvassa 3.

Väestön säteilyaltistuksen ja ympäristössä esiintyvien radioaktiivisten aineiden selvittämiseksi tehdään myös laitosalueella ja sen ympäristössä säteilyn mittauksia sekä radioaktiivisten aineiden määrittämiä. Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristöstä analysoitiin valvontaohjelman mukaisesti yhteensä 294 näytettä. Loviisan ydinvoimalaitokselta peräisin olevia radioaktiivisia aineita havaittiin kolmessa ilmanäytteessä, neljässä laskeumanäytteessä, yhdessä pohjaeläinnäytteessä, kymmenessä vesikasvinäytteessä, yhdeksässä sedimentoituvan aineksen näytteessä ja neljässä merivesinäytteessä. Yleisin voimalaitospääinen radioaktiivinen aine oli koboltti-60, jota havaittiin kaikissa edellä mainituissa näytelajeissa. Havaintoja oli yhteensä 19. Seuraavaksi yleisimpiä olivat mangaanin ja hopean radioaktiiviset isotoopit (hopea-110m 10 havaintoa ja mangaani-54 7 havaintoa). Muutamissa vesiympäristön näytteissä esiintyi lisäksi tritiumia (4 havain-

toa) ja koboltin toista radioaktiivista isotooppia (koboltti-58, yksi havainto).

Kaikki edellä mainittujen radioaktiivisten aineiden havaitut pitoisuudet olivat pieniä eikä niillä ollut merkitystä säteilyaltistuksen kannalta.

Ympäristönäytteissä havaitaan myös Tshernobylin onnettomuudesta ja ydinasekokeiden laskeumasta peräisin olevia radioaktiivisia strontium-, cesium- ja plutonium-isotooppeja (strontium-90, cesium-134 ja -137, plutonium-238, -239 ja -240). Lisäksi näytteissä esiintyy luonnon radioaktiivisia aineita (mm. beryllium-7, kalium-40 sekä uraani ja torium hajoamistuotteineen), joiden pitoisuudet ko. näytteissä ovat yleensä suurempia kuin voimalaitokselta tai laskeumasta peräisin olevien radioaktiivisten aineiden.



Kuva 3. Altistuneimman väestönosan yksilölle laskemalla arvioidut annokset Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten ympäristössä vuonna 2001.

2.2 Olkiluodon voimalaitos

2.2.1 Käyttö ja käyttötapahtumat

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen molemmat yksiköt olivat tuotantokäytössä koko vuosineljänneksen lukuun ottamatta Olkiluoto 2:n lyhyttä seisokkia matalapaineturbiinin venttiilien kunnostamiseksi. Olkiluoto 1:n energiakäyttökerroin oli 101,5 % ja Olkiluoto 2:n 99,5 %. Laitosyksiköiden sähköntuotantoa kuvaavat diagrammit ja tehonalennusten syyt esitetään kuvissa 4 ja 5. Laitosyksiköillä ei vuosineljänneksellä ollut turvallisuuden kannalta merkittäviä tapahtumia.

Dieselpolttoöljyn samepisterajan ylittyminen varastosäiliössä

Olkiluodon laitoksella todettiin 17.1.2002, että varavoimadieseleiden polttoöljyn varastosäiliössä olevan öljyn samepistearvo oli suurempi kuin turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa on edellytetty. Olkiluoto 1:llä samepistearvo poikkesi turvallisuusteknisten käyttöehtojen edellyttämästä enimmäisarvosta -24°C yhden asteen ja Olkiluoto 2:lla viisi astetta. Voimayhtiö ryhtyi välittömästi toimenpiteisiin säiliöiden polttoöljyn samepistearvon saattamiseksi turvallisuusteknisten käyttöehtojen mukaiseksi. Varastosäiliöiden polttoöljyä korvattiin öljyalaudalla, jonka samepistearvo oli huomattavasti vaadittua alhaisempi. Öljyn samepistearvot olivat turvallisuusteknisten käyttöehtojen mukaiset seuraavana päivänä eikä laitosyksiköiden käyttöä näin ollen ollut keskeytettävä.

Kummallakin Olkiluodon laitosyksiköllä on neljä varavoimadieseliä, jotka käynnistyvät automaattisesti syöttämään laitosyksiköiden tarvitseman sähkön tilanteessa, jossa laitosyksikön sekä ulkoisen sähkön että ns. omakäyttösähkön saanti on estynyt. Kullakin diesellillä on sisätiloissa sijaitseva polttoöljyn päivä säiliö, jossa on polttoöljyä noin seitsemän tunnin käyttöä varten. Päiväsäiliöt täytetään ulkoalueella sijaitsevista laitosyksikkökohtaisista varastosäiliöistä. Varastosäiliöt ja niistä päivä säiliöihin johtavat putket on ulkona olevalta osalta lämpöeristetty. Lisäksi yhdysputkissa on saattolämmitys, jolla varmistetaan, ettei öljy jähmety kovillakaan pakkasilla. Samepistearvo ilmaisee alimman lämpötilan, jossa öljyä voidaan säilyttää.

Samepistearvon poikkeaminen sallitusta havaittiin kaksi kertaa vuodessa tehtävien öljyana-

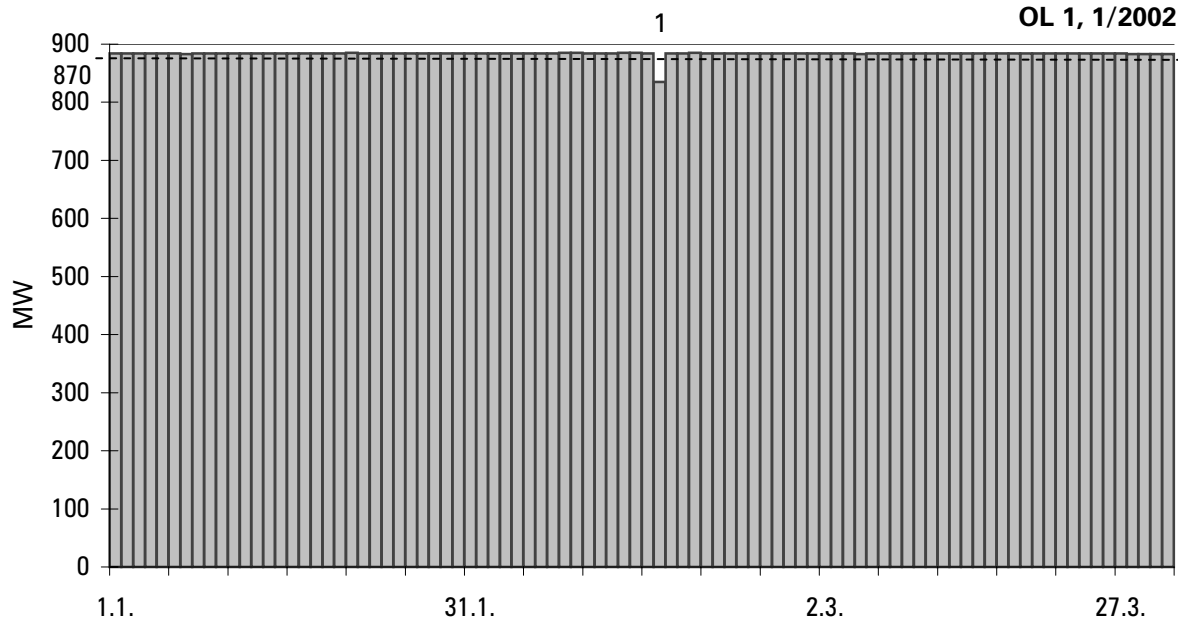
lyysien tulosten perusteella. Asiaa selvitettyä todettiin, että Teollisuuden Voima Oy:n kemian käsikirjassa oleva samepisteelle sallittu arvo, johon analyysituloksia verrattiin, oli asteen suurempi kuin turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa asetettu raja. Poikkeama tuli esille, kun Olkiluoto 2:n öljyanalyysitulokset poikkesi käsikirjan rajasta. Syynä poikkeaviin arvoihin oli se, että kun samepistearvo otettiin uutena raja-arvona vuonna 1988 turvallisuusteknisiin käyttöehtoihin raja-arvoksi, ei kemian käsikirjassa ennestään ollut raja-arvoa muutettu.

Tapahtuma luokiteltiin INES-asteikolla luokkaan 0. Öljyn samepistearvo on aikaisemmin täyttänyt turvallisuusteknisten käyttöehtojen vaatimuksen muutamaa kertaa lukuun ottamatta, jolloin poikkeama on ollut yhden asteen.

Teollisuuden Voima Oy informoi tapahtumasta välittömästi STUKia ja toimitti helmikuussa yksityiskohtaisen selvityksen tapahtumasta, siihen johtaneista syistä ja tapahtuman johdosta tehtävistä parannuksista. Lisäksi STUK teki tarkastuksen, jossa arvioitiin Teollisuuden Voima Oy:n menettelyjä dieselpolttoöljyn käyttökelpoisuuden varmistamiseksi. Tapahtuman johdosta Teollisuuden Voima Oy arvioi uudelleen mm. polttoöljyn kylmänkestävyydelle asetettuja vaatimuksia sekä menettelyjä polttoöljyn vaatimustenmukaisuuden valvonnassa. Myös menettelyihin, joilla varmistetaan tekniikanalakohtaisten ohjeiden ja turvallisuusteknisten käyttöehtojen yhdenmukaisuus niihin tehtävien muutosten jälkeen, kiinnitetään huomiota.

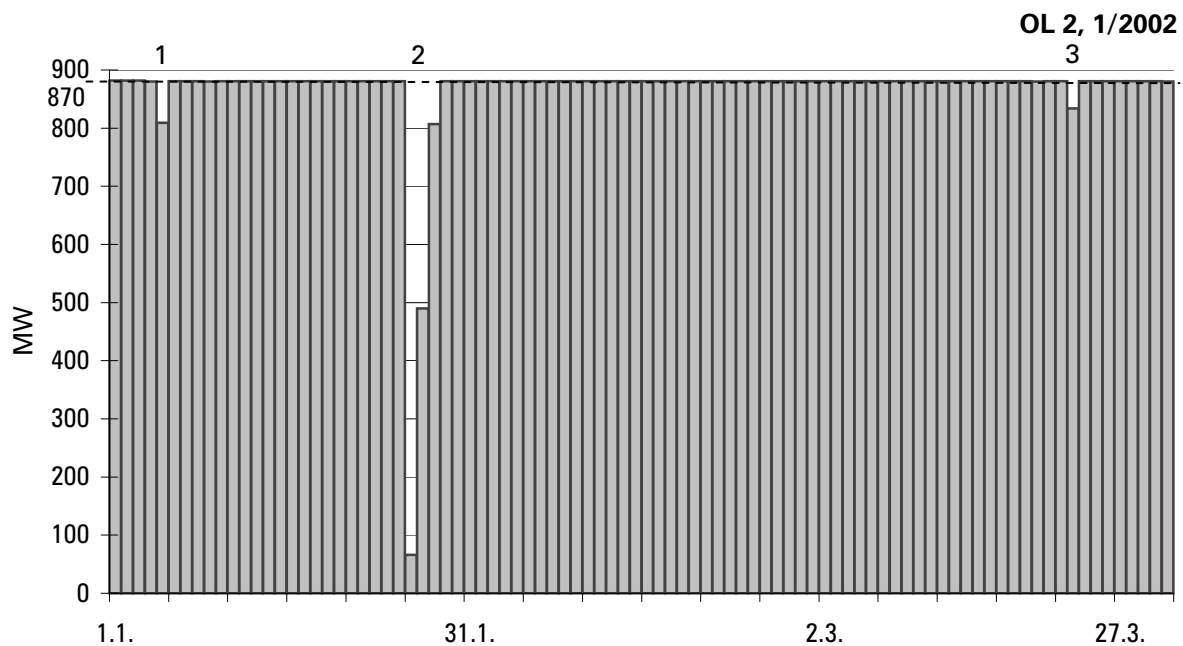
Olkiluoto 2:n matalapaineturbiiniventtiilien viat ja tilapäinen muutos turbiinin suojausjärjestelmässä

Matalapaineturbiinille johtavien höyrylinjojen venttiilien pahenevien ongelmien tähden Olkiluoto 2:lla tehtiin 24.1.2002 turbiinin suojausjärjestelmään tilapäinen automaatiomuutos. Tarkoituksena oli suojata turbiinia liialliselta rasitukselta mahdollisen turbiinipikasulun ja kuormanpudotuksen yhteydessä. Toteutettujen muutosten seurauksena laitosyksikkö ei kuitenkaan olisi enää kuormanpudotustilanteessa ensisijaisesti ohjautunut omakäyttöteholle, mikä on laitoksen alkuperäinen suunnitteluperuste, ja tuloksena olisi ollut turbiinin pikasulku. Näin ollen laitosyksikkö ajettiin kahden päivän kuluttua kuumaseisokkiin,



1 Tehonalennusta vaatineita määräaikaikokeita.

Kuva 4. Olkiluoto 1:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2002.



1 Tehonalennusta vaatineita määräaikaikokeita.
2 Kuumaseisokki matalapaineturbiinin venttiilien
vaihdon vuoksi.

3 Tehonalennusta vaatineita määräaikaikokeita.

Kuva 5. Olkiluoto 2:n keskimääräinen vuorokautinen bruttosähköteho tammi–maaliskuussa 2002.

jossa vialliset venttiilit vaihdettiin ja tehty muutos turbiinin suojausautomaatiikassa palautettiin ennalleen.

Matalapaineturbiinin säätö- ja pikasulkuventtiilien tehtävänä on rajoittaa turbiinin ylikierroksia kuormanpudotuksen ja turbiinipikasulun yhteydessä, jolloin venttiilit sulkeutuvat ja estävät alivirtausputkiin ja välitulistimiin varastoituneen höyryn energiaa siirtymästä matalapaineturbiineihin. Kaikissa kahdeksassa höyrylinjassa on peräkkäin sekä pikasulku- että säätöventtiili. Turbiinipikasulussa kaikki venttiilit menevät kiinni. Kuormanpudotustilanteessa säätöventtiilien pitäisi aluksi sulkeutua täysin ja sen jälkeen alkaa säätää turbiinin toimintaa. Mikäli venttiilit jäisivät kuormanpudotuksessa auki, seuraisi tästä turbiinin kierrosluvun kasvu. Normaalisissa kuormanpudotuksessa laitoksen pitäisi ohjautua omakäyttöteholle. Pahin tilanne turbiinin ylikierrosten kannalta on generaattorikatkaisijan avautuminen, jolloin turbiinin kuorma häviää kokonaan. Useimmat maailman ydinvoimalaitokset on suunniteltu niin, että verkkohäiriöistä tapahtuu pikasulku. Suomessa kaikkien ydinvoimalaitosyksiköiden alkuperäisenä suunnitteluvaatimuksena on, että useimmissa verkon menetystilanteissa ne ohjautuvat omakäyttöteholle. Tämä lieventää prosessiin kohdistuvaa häiriötä ja varmentaa jonkin verran sähkön saantia laitokselle. Muita mahdollisia sähkölähteitä ovat laitoksen ulkopuolinen 110 kV voimaverkko ja omat varavoimadieselgeneraattorit.

Ensimmäisen kerran venttiilien sulkeutumiso ongelmia esiintyi Olkiluoto 2:lla syyskuussa 2001 tehdyissä matalapaineturbiinin säätö- ja pikasulkuventtiilien toimintakokeissa. Useasta yrityksestä huolimatta kahdessa höyrylinjassa jäi yksi venttiili osittain auki. Toimintakokeet tehdään kahden kuukauden välein. Myöhemmin marraskuussa 2001 ja viimeksi tammikuussa 2002 tehdyissä määräaikauskokeissa auki jääneitä venttiileitä oli kaksi lisää, ja venttiilit jäivät enemmän auki kuin aikaisemmin. Määräaikauskokeet viittasivat venttiilien kunnon jatkuvaan heikentymiseen ajan myötä. Tammikuun lopulla oli epävarmaa, miten hyvin matalapaineturbiinille johtavat höyrylinjat olisivat sulkeutuneet. Kahden matalapainelinjan jääminen täysin auki nostaisi turbiinin kierrokset selvästi turbiinilaitoksen toimittajan suositteleman kierroslukurajan yli. Lisäksi oli

ilmeistä, että laitosyksikkö ei kuormanpudotuksen jälkeen olisi kyennyt siirtymään omakäyttöteholle.

Teollisuuden Voima Oy suunnitteli turbiinin valmistajan avustuksella turbiinin suojausjärjestelmään muutoksen, joka laukaisee turbiinipikasulun laitos- tai generaattorikatkaisijan auetessa. Lisäksi lyhennettiin turbiinipikasulun jälkeen tapahtuvan tyhjänmurron aikaviivettä. Muutoksilla oli tarkoitus rajoittaa turbiinin kierroslukua ja vähentää turbiinin vaurioitumisriskiä kyseisissä tilanteissa. Teollisuuden Voima Oy päätti tehdä muutokset 22.1.2002. Muutokset toteutettiin 24.1.2002 laitoksen käydessä täydellä teholla ja ne oli tarkoitus pitää voimassa vuoden 2002 vuosiin saakka. Myöhemmin ilmeni, että suoritettavat muutokset eivät venttiilien ongelmien pahetessa olisi olleet riittäviä suojaamaan turbiinia. Muutosten seurauksena laitosyksikkö ei olisi päässyt siirtymään omakäyttöteholle missään tilanteessa, eli laitosyksikkö ei olisi täyttänyt alkuperäistä suunnitteluperustettaan. Näistä johtuen Teollisuuden Voima Oy päätti vaihtaa vialliset venttiilit. Sitä varten laitosyksikkö pysäytettiin noin vuorokauden mittaiseen kuumaseisokkiin 26.1.2002. Poistettavat venttiilit purettiin ja niiden rullalaakereiden todettiin jumiutuneen voitelurasvan kuivumisen vuoksi.

STUK oli normaalin valvontatoiminnan yhteydessä saanut tietoa venttiilien koestusten yhteydessä tehdyistä vikahavainnoista. STUK sai tietää automaatiomuutoksesta vasta sen toteutusvaiheessa eikä STUKilla ollut siten mahdollisuutta esittää kantaansa asiassa ennen muutoksen tekemistä.

STUK teki tapahtuman johdosta tutkinnan, jonka tarkoituksena oli selvittää tapahtuman kulku ja arvioida Teollisuuden Voima Oy:n päätöksentekoa ja sovellettuja menettelyjä venttiilivikojen käsittelyssä sekä automaatiomuutoksen tekemisessä. Tutkinnassa annettiin Teollisuuden Voima Oy:lle useita organisaation toimintaan ja tiedonkulkuun liittyviä suosituksia.

Ydinpolttoaineen suojakuoren vuoto Olkiluoto 2:lla

Olkiluoto 2:n poistokaasujen aktiivisuusmittaus osoitti 2.2.2002 merkkejä ydinpolttoaineen suojakuoren vuodosta. Vuotohavainto varmistettiin seuraavana päivänä poistokaasunäytteen labora-

torioanalyysein.

Polttoainesauvan seinämä muodostaa kaasutiiviin suojakuoren, joka estää reaktorin käydessä uraanipolttoaineesta syntyvien fissiotuotteiden pääsyn reaktorin jäähdytysveteen. Kaasumaisten ja veteen liuenneiden radioaktiivisten aineiden määrää tarkkaillaan säännöllisesti laboratoriomittauksin. Lisäksi reaktorilta turbiinille menevien höyrylinjojen sekä lauhduttimien poistokaasulinjojen aktiivisuutta valvotaan jatkuvatoimisin mittauksin, jotka antavat nopeimmin tiedon mahdollisesta polttoainevuodosta.

Vuotohavainnon jälkeen poistokaasun mittausarvo kasvoi lukemasta 4 Bq/s arvoon 13 Bq/s. Suurimmillaan mittausarvo oli helmikuun lopulla 26 Bq/ml pysyen sen jälkeen alle 20 Bq/ml. Teollisuuden Voima Oy:n analyysein oli pääteltävissä, että kysymyksessä oli pieni polttoaineen suojakuoren vaurio. Reaktorin jäähdytysveden radioaktiivisen jodi-isotoopin (jodi-131) pitoisuus oli enimmillään noin tuhannesosa laitosyksikön turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa asetetusta, reaktorin käyttörajoitusta merkitsevästä rajasta.

Teollisuuden Voima Oy ilmoitti polttoaineen suojakuoren vuodosta STUKille havainnon jälkeisen päivän vuorokausiraportissa ja toimitti huhtikuussa vuotoa koskevan selvityksen. Tapahtuma luokiteltiin INES-asteikolla luokkaan 0.

Eräiden piirturinäyttöjen siirto keskusvalvomosta relehuoneeseen vastoin turvallisuusteknisiä käyttöehtoja

Olkiluodon laitosyksiköillä oli vuosihuollossa vuonna 2001 siirretty eräiden mittapisteiden piirturinäytöt valvomoista niiden viereisiin elektroniikkahuoneisiin. Työtä suunniteltaessa ei ollut huomattu, että turvallisuustekniset käyttöehdot edellyttävät, että kyseisten näyttöjen tulee olla luettavissa valvomossa. Teollisuuden Voima Oy havaitsi tilanteen 21.2.2002.

Relehuoneeseen siirrettyjen piirturinäyttöjen avulla seurataan onnettomuustilanteessa suojarakennuksen sisällä vallitsevaa painetta, lämpötilaa ja säteilyannosnopeutta. Mittapisteiden antamia tietoja käytetään esimerkiksi arvioitaessa onnettomuustilanteessa radioaktiivisen päästön ajankohtaa tai ympäristössä päästön seurauksena esiintyviä säteilyannosnopeuksia. Nämä tiedot ovat nähtävissä myös valvomossa prosessitietokoneelta. Osa mittapisteiden näytöistä on myös val-

miusorganisaation käytössä väestönsuojassa.

Tapahtuma luokiteltiin INES-asteikolla luokkaan 0.

Tapahtuma tultua STUKin tietoon STUK pyysi Teollisuuden Voima Oy:ltä alustavan selvityksen tapahtumasta. Selvitys toimitettiin helmikuussa. Voimayhtiö toimitti lisäksi myöhemmin STUKin pyynnöstä yksityiskohtaisemman selvityksen tapahtumasta, siihen johtaneista syistä sekä tapahtuman johdosta tehtävistä toimenpiteistä.

Olkiluodon laitoksella oli jo ennen tämän tapahtuman havaitsemista tehostettu muutostöiden valvontaa ottamalla käyttöön katselmusmenettely. Sen avulla suunnitteilla olevat muutostyöt tulevat turvallisuusteknisistä käyttöehdoista vastaavien henkilöiden tietoon aikaisempaa paremmin.

STUK on myöhemmin Teollisuuden Voima Oy:n hakemuksesta hyväksynyt turvallisuusteknistien käyttöehtojen muutoksen, jossa määritellään, että piirturinäytöt voivat sijaita valvomon viereisessä elektroniikkahuoneessa.

2.2.2 Ympäristön säteilyturvallisuus vuonna 2001

Radioaktiivisten aineiden päästöt Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ympäristöön olivat vuonna 2001 huomattavasti alle asetettujen päästörajojen. Ilmaan tapahtuneet jalokaasupäästöt olivat noin 0,0004 % asetetusta rajasta. Radioaktiiviset jodipäästöt olivat alle havaitsemisrajan. Mereen päästettyjen vesien tritiumsisältö 0,9 TBq on noin 5 % vuosipäästörajasta. Muiden mereen päästettyjen nuklidien yhteenlaskettu aktiivisuus oli 0,9 GBq, mikä on noin 0,3 % laitospaikkakohtaisesta päästörajasta. Mitatut radioaktiivisten aineiden päästöt esitetään taulukossa I.

Päästöjen perusteella laskettu säteilyannos ympäristön eniten altistuneelle asukkaalle oli noin 0,05 mikroSv eli 0,06 % valtioneuvoston päätöksessä asetetusta rajasta (100 mikroSv). Vuotuisia laskennallisia säteilyannoksia esitetään kuvassa 3.

Valvontaohjelman mukaisesti Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ympäristöstä analysoitiin 300 näytettä. Olkiluodon ydinvoimalaitokselta peräisin olevia radioaktiivisia aineita havaittiin kahdessa ilmanäytteessä, yhdessä laskeumanäytteessä, yhdessä sadevesinäytteessä, kahdessa pohja-

eläinnäytteessä, 16 vesikasvinäytteessä ja 16 sedimentoituvan aineksen näytteessä sekä yhdessä maaperänäytteessä. Yleisin voimalaitosperäinen radioaktiivinen aine oli koboltti-60, jota havaittiin kaikissa edellä mainituissa näytelajeissa. Kobolttin lisäksi neljässä vesikasvinäytteessä esiintyi mangaanin radioaktiivista isotooppia (mangaani-54). Lisäksi yhdessä sadevesinäytteessä oli kohonnut tritium-pitoisuus.

Kaikki edellä mainittujen radioaktiivisten aineiden havaitut pitoisuudet olivat pieniä eikä niillä ollut merkitystä säteilyaltistuksen kannalta.

Ympäristönäytteissä havaitaan myös Tshernobylin onnettomuudesta ja ydinasekokeiden laskeumasta peräisin olevia radioaktiivisia strontium-, cesium- ja plutonium-isotooppeja (strontium-90, cesium-134 ja -137, plutonium-238, -239 ja -240). Lisäksi näytteissä esiintyy luonnon radioaktiivisia aineita (mm. beryllium-7, kalium-40 sekä uraani ja torium hajoamistuotteineen), joiden pitoisuudet ko. näytteissä ovat yleensä suurempia kuin voimalaitokselta tai laskeumasta peräisin olevien radioaktiivisten aineiden.

2.3 Valvontatoiminta

STUK teki sekä Loviisan että Olkiluodon ydinvoimalaitoksilla tarkastusohjelmaansa kuuluvia tarkastuksia. Ohjelman mukaiset tarkastukset toistetaan pääsääntöisesti vuosittain; yksittäisten tarkastusten sisältö sen sijaan vaihtelee eri vuosina. Vuoden 2002 tarkastusohjelma sisältää 14 tarkastusta Loviisan laitokselle ja 15 Olkiluodon laitokselle. Loviisan voimalaitoksella tehtiin tällä vuosineljänneksellä kaksi tarkastusta ja Olkiluodon laitoksella neljä tarkastusta.

Ydinvoimalaitostapahtumia koskevan valvonnan lisäksi STUKissa tarkastettiin erilaisia voimayhtiöiden toimittamia suunnitelmia, analyyskejä ja raportteja. STUK hyväksyi myös Fortum Power and Heat Oy:n ja Teollisuuden Voima Oy:n hakemuksesta niiden palveluksessa olevia henkilöitä toimimaan vuoropäällikön tai ohjaajan tehtävissä.

Vuosineljänneksellä tehdyissä tarkastuksissa ei havaittu merkittäviä puutteita Loviisan eikä Olkiluodon laitossyksiköiden käyttötoiminnassa.

3 Ydinjätehuolto

Ei raportoitavia asioita vuoden 2002 ensimmäiseltä neljännekseltä.

4 Ydinmateriaalivalvonta

Elina Martikka, Marko Hämäläinen

Vuoden 2002 ensimmäisellä neljänneksellä STUK teki ydinmateriaaleja koskevat tarkastukset sekä Olkiluodon että Loviisan voimalaitoksella. Tarkastukset tehtiin kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n (International Atomic Energy Agency) ja Euratomin ydinmateriaalitoimiston ESO:n (Euratom Safeguards Office) tarkastusten yhteydessä. Tarkastuksillaan STUK, IAEA ja ESO tarkastivat ydinmateriaalien kirjanpito- ja raportointiasiakirjat, todensivat polttoainealtaissa olevat polttoaineniput sekä tekivät tarvittavat valvontakameroiden huoltotoimet ja sinetöinnit. Lisäksi STUK teki Loviisan voimalaitoksella kaksi

tarkastusta polttoainetutkimuksiin valituille polttoainenipuille, joiden suojakotelot oli poistettu.

Olkiluoto 1:lle tuotiin helmikuussa 90 ja maaliskuussa 40 tuoretta polttoainenippua Saksasta ja Olkiluoto 2:lle helmikuussa 120 tuoretta polttoainenippua Ruotsista. STUK hyväksyi Teollisuuden Voima Oy:n hakemuksesta polttoainenippujen kuljetussuunnitelmat.

Vuosineljänneksellä STUK myönsi Teollisuuden Voima Oy:lle myös luvat 12 varaosasäätösauvan ja yhden zirkoniumseosta sisältävän mallinipun tuontiin Ruotsista.

5 STUKin valmiustoiminta

Anne Weltner, Teemu Siiskonen, Pertti Niskala, Jaakko Tikkinen

5.1 Valmiustoimintaan liittyneet tapahtumat

Vuoden 2002 ensimmäisellä neljänneksellä ei ollut yhtään tilannetta, jossa olisi ollut aihetta ryhtyä erityistoimiin väestön tai ympäristön suojelemiseksi.

STUKin päivystäjään otettiin yhteyttä 39 kertaa. Kahdessa tapauksessa yhteydenotot koskivat käyttötapahtumia Loviisan ydinvoimalaitoksella. Molempiin tapauksiin liittyi laitosyksikön tehonalennus. Suomen ydinvoimalaitosten tapahtumia selvitetään luvussa 2. Ulkomaisia tapahtumia oli kolme. Muut päivystäjän vastaanottamat ilmoitukset liittyivät säteilyvalvontaan ulkoisen säteilyn mittausasemilla, yhteyskokeiluihin ja erilaisiin tiedotusluonteisiin asioihin.

Tapahtumat ulkomailla

Georgian säteilylähdeonnettomuus

Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA ilmoitti 4.1.2002 jäsenmailleen Georgiassa tapahtuneesta säteilylähdeonnettomuudesta, jonka johdosta Georgian viranomaiset olivat pyytäneet IAEA:n apua kansainvälisen avunantosopimuksen perusteella. Kolme miestä oli ollut 2.12.2001 keräämässä puita vuoristoisessa metsässä Länsi-Georgiassa. He olivat löytäneet kaksi sylinterin muotoista esinettä, jotka olivat lämpimiä. Miehet yöpyivät metsässä ja käyttivät esineitä lämmittämiseen. Säteilevät esineet olivat strontium-90 lähteitä, joita käytetään esimerkiksi majakoiden voimanlähteinä. Kaksi viikkoa myöhemmin miesten huomattiin saaneen säteilypalovammoja. Miesten saamat säteilyannokset koko keholle arvioituna olivat 2–3 Gy, paikallisesti annokset olivat 20 Gy.

IAEA:n ilmoitus 4.1.2002 sisälsi avunantopyynnön, joka koski potilaiden lääketieteellistä hoitoa ja säteilylähteiden siirtämistä ja varastointia turvallisesti. Suomi tarjosi heti apuaan säteilyannosten määrittämisessä tarvittavien kromosomianalyysien tekemisessä. Tällä kertaa Suomen avulle ei ollut tarvetta. IAEA lähetti

vielä kaksi avunantopyyntöä 9.1. ja 11.2.2002. Ensimmäinen pyyntö koski sairaalatarvikkeita ja jälkimmäinen potilaiden hoitamista ulkomailla. Ranska ja Venäjä tarjosivat ilmaista apuaan kahden pahimpia palovammoja saaneen potilaan vastaanottamisessa ja hoitamisessa.

Georgian viranomaiset tulevat laatimaan yhdessä IAEA:n, USA:n, Venäjän, Saksan ja Ranskan asiantuntijoiden kanssa suunnitelman, jonka mukaan parannetaan säteilylähteiden käytön turvallisuutta ja kadoksissa olevien säteilylähteiden paikantamista.

Ruotsista USA:han lähetetyn iridiumpakkauksen säteilyvuoto

Euroopan komissio ilmoitti 7.1.2002 jäsenmailleen, että Ruotsin säteilyturvallisuuksiviranomainen (SSI) oli informoinut sitä radioaktiivisen materiaalin kuljetukseen liittyvästä tapauksesta. Ruotsalainen ydinvoimateknologiaan ja radioaktiivisten aineiden valmistukseen erikoistunut yritys, Studsvik Nuclear AB, oli lähettänyt 27.12.2001 USA:han iridium-192:ta (366 TBq) sisältävän pakkauksen. Kyseinen aine oli tarkoitettu teollisuuden käyttöön erilaisten metallirakenteiden laaduntarkkailuun gammaradiografian avulla. Pakkaus saapui perille New Orleansiin 31.12.2001. Tilaaaja tuli hakemaan pakkausta 2.1.2002 ja teki säteilymittauksen. Saatua suurta lukemaa pidettiin kuitenkin mittarivirheenä. Pakkaus vietiin maanteitse määränpäähensä, jossa todettiin, että kuljettajan dosimetriin oli kertynyt 10 minuutin matkalla 1,6 mSv:n säteilyannos. Myöhemmin kuljettajan annokseksi arvioitiin 3,4 mSv.

USA ilmoitti 3.1.2002 SSI:lle, että pakkauksesta on mitattu poikkeuksellisen suuria säteilyarvoja; 10 mSv/h 6 metrin etäisyydellä ja 3–4 mSv/h 20 metrin etäisyydellä. USA:n ja Ruotsin asiantuntijat avasivat huolellisen valmistelun jälkeen pakkauksen 7.2.2002. Pakkaus näytti päällisin puolin vahingoittumattomalta. Pakkauksessa oli kolminkertainen säiliörakenne, mutta kaksi sisempää säiliötä olivat auenneet ja näin ollen

säteilysuojaksi jäi ainoastaan uloin säiliö. Säiliöiden sulkeminen oli tehty ohjeiden vastaisesti. Aukeamisen ajankohtaa ei pystytty määrittämään. Euroopan puolella ei tiettävästi ole todettu kohonneita säteilyannoksia tai annosnopeuksia. Tapaus on alustavasti luokiteltu INES-asteikolla luokkaan 3, joka tarkoittaa, että kyseessä on ollut vakava turvallisuuteen vaikuttava tapahtuma.

Makedoniassa valmistetut kontaminoituneet teräslevyt

Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA ilmoitti 30.1.2002 ja 6.2.2002 jäsenmailleen, että Italiasta on löytynyt säteilevää terästä, jonka valmistusmaa on Makedonia. IAEA:lta saadun tiedon mukaan noin 200 tonnin valmistuserästä oli tuolloin edelleen kateissa noin 135–140 tonnia. Italiaan oli toimitettu 60–65 tonnia koboltti-60:llä kontaminoituneita teräslevyjä kesäkuussa 2001 kolmelle laivatelakalle. Kontaminaatio huomattiin lokakuussa, ja Italian viranomaiset ilmoittivat asiasta IAEA:lle 30.10.2001. Anconassa ja Livornossa teräslevyjä oli ehditty käyttää kalastusalusten valmistukseen. Säteilevät veneenosat pysyttiin kuitenkin paikantamaan välittömästi. Palermossa levyt olivat vielä varastossa. Työntekijöiden arvellaan saaneen alle 1 mSv:n säteilyannoksen.

Kontaminoitunutta terästä oli valmistettu kaksi noin 100 tonnin erää. Toisessa erässä koboltti-60:n aktiivisuuspitoisuus oli 930 Bq/kg ja toisessa 610 Bq/kg. Lisäksi niissä oli cesium-137:ää 47 Bq/kg ja 15 Bq/kg. Levyistä mitattu ulkoisen säteilyn annosnopeus oli 3 mikroSv/h levyn pinnalla ja 1 mikroSv/h 1 metrin etäisyydellä. Syynä tapahtuneeseen on todennäköisesti se, että teräserään on sulatettu tyyppillinen teollisuuden käyttämä säteilylähde, esimerkiksi pintakytkin.

IAEA ilmoitti 21.3.2002, että Makedonian viranomaisten mukaan kontaminoitunutta terästä on viety yhteensä noin 150 tonnia Italiaan, Kroatiaan, Saksaan ja Kreikkaan. Noin 30 tonnia on säilössä valmistajan varastossa Skopjessa.

5.2 Poikkeavat säteilyhavainnot

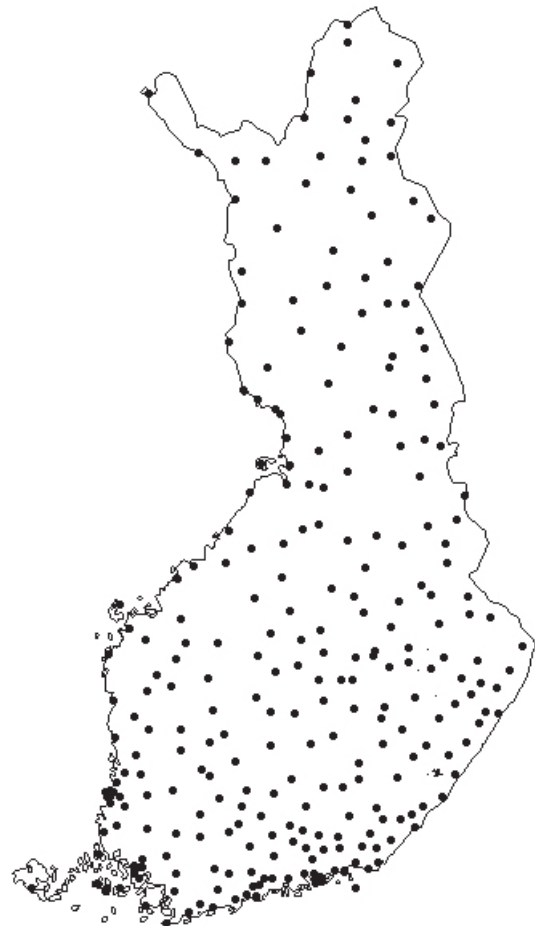
Ympäristön säteilyvalvonta on STUKin tehtävä. Säteilytilannetta tarkkaillaan jatkuvasti koko maassa ja pienistäkin muutoksista saadaan tieto välittömästi. Säteilytilanne Suomessa oli vuosineljänneksellä normaali.

Ulkoisen säteilyn annosnopeus Suomessa

STUKin päivystäjä sai vuosineljänneksellä neljä ilmoitusta ulkoisen säteilyn mittausasemilta. Kaikki hälytykset aiheutuivat vikaantuneista mittareista.

Suomen automaattiset mittausasemat hälyttävät, kun ulkoisen säteilyn annosnopeus ylittää 0,4 $\mu\text{Sv/h}$. Taustasäteily vaihtelee Suomessa paikakunnittain ollen välillä 0,04–0,30 $\mu\text{Sv/h}$. Vuonna 1986 tapahtuneen Tshernobylin onnettomuuden aikana suurin Suomessa mitattu ulkoisen säteilyn annosnopeus oli lyhytaikaisesti 5 $\mu\text{Sv/h}$. Sisätiloihin on aiheellista suojautua, jos ulkoisen säteilyn annosnopeus on yli 100 $\mu\text{Sv/h}$.

Ulkoisen säteilyn annosnopeutta mitataan STUKin ja paikallisten pelastusviranomaisten ylläpitämällä valvontaverkolla, johon kuuluu noin 300 jatkuvatoimista automaattista mittaasema. Mittaasemien sijainnit ilmenevät kuvasta 6. Jos annosnopeus ylittää hälytysrajaksi asetetun arvon, niin STUKin päivystäjä saa heti tiedon ylityksestä. Yhdeksän automaattisen aseman mit-



Kuva 6. Automaattiset ulkoisen säteilyn mittausasemat.

taustulokset raportoidaan päivittäin STUKin internetsivulla www.stuk.fi/sateilytilanne.

Leningradin ydinvoimalaitoksen valvontaverkko

STUKin päivystäjä ei saanut yhtään hälytystä Leningradin ydinvoimalaitoksen läheisyydessä sijaitsevilta säteilyn mittausasemilta.

Leningradin ydinvoimalaitoksen laitosalueella ja ympäristössä on yhteensä 26 ulkoisen säteilyn mittausasemaa, joiden mittaus tulokset tulevat Suomeen satelliitin välityksellä. Myös näiltä asemilta tieto tulee samalla tavalla kuin Suomen asemilta suoraan STUKin päivystäjälle.

Ulkoilman radioaktiiviset aineet

Vuosineljänneksellä havaittiin Kotkassa ja Kajaani- nissa koboltti-60:tä ja Jyväskylässä jodi-131:tä viikon pituisella jaksolla. Havainnot esitetään taulukossa II. Vastaavanlaisia havaintoja tehdään yleensä toistakymmentä kertaa vuodessa. Havait- tujen radioaktiivisten aineiden määrät ovat niin vähäisiä, että niistä ei aiheudu terveyshaittoja. Esimerkiksi joditablettien nauttimista suositel- laan, jos ^{131}I -pitoisuus on tuhansia becquerelejä kuutiometrissä ilmaa (Bq/m^3) eli miljardikertai- nen havaittuihin määriin nähden. Pienten määri- en alkuperää on usein vaikea osoittaa.

STUKilla on ilmanäytteiden kerääjiä kahdek- salla paikkakunnalla, jotka ilmenevät kuvasta 7. Ulkoilman sisältämät radioaktiiviset aineet mää- ritetään imemällä suuri määrä ilmaa suodatti- men läpi ja analysoimalla suodattimeen jääneet radioaktiiviset aineet laboratoriossa. Menetelmäl- lä havaitaan erittäin pienet muutokset säteilyti- lanteessa.

STUK seuraa radioaktiivisten aineiden pitoi- suutta myös laskeumassa ja elintarvikkeissa. Ih- misen elimistöön joutuneet radioaktiiviset aineet havaitaan kokokehomittauksilla. Kaikki valta- kunnallisen säteilyvalvonnan tulokset esitetään STUKin raporttisarjassa STUK-B-TKO.

Rajavalvonta ja kuljetukset

Vuosineljänneksen aikana rajavalvontaan tai kul- jetuksiin liittyen ei ollut tapauksia, joissa olisi otettu yhteyttä STUKin päivystäjään.

Tullin säteilyvalvonta kattaa rautatieliiken-

Taulukko II. STUKin keräysasemilla tammi- maaliskuussa tehty poikkeavat havainnot. Ra- dionuklidien pitoisuus on ilmoitettu yksikössä $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Mittausepätaarkkuus on suluisa.

Keräysjakso	Paikkakunta	Radionukliidi	Pitoisuus, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$
28.1.–4.2.2002	Kotka	^{60}Co	0,1 (20 %)
11.2.–18.2.2002	Kajaani	^{60}Co	0,3 (7 %)
25.2.–4.3.2002	Jyväskylä	^{131}I	0,6 (26 %)

teen, maantieliikenteen, laiva- ja lentoliikenteen, mukaan lukien matkatavarat ja postilähettykset. Tarkoituksena on estää luvottomien kuljetusten saapuminen maahan. Tullin kiinteiden säteilyval- vontalaitteiden sijaintipaikat esitetään kuvassa 8.

Tulli ilmoittaa STUKin yhdyshenkilölle poik- keavista säteilyhavainnoista. Virka-ajan ulkopuo- lella yhteydenottoja tulee myös päivystäjälle.



Kuva 7. STUKin keräysasemat ilmanäytteiden keräämistä varten.

5.3 Valmiusharjoitukset ja yhteyskokeilut

Valmiusharjoitukset

Säteilyturvakeskus osallistui 27.2.2002 kansainväliseen harjoitukseen, jossa testattiin ydinvoimalaitosonnettomuuden yhteydessä käytettäviä päätojsenteon tukijärjestelmiä (ARGOS, RODOS ja RECASS). Tukijärjestelmien avulla helpotetaan onnettomuuden aiheuttamien haittavaikutusten analysointia sekä eri suojaustoimenpiteiden hyödyn arviointia. Keskeinen tavoite harjoituksessa

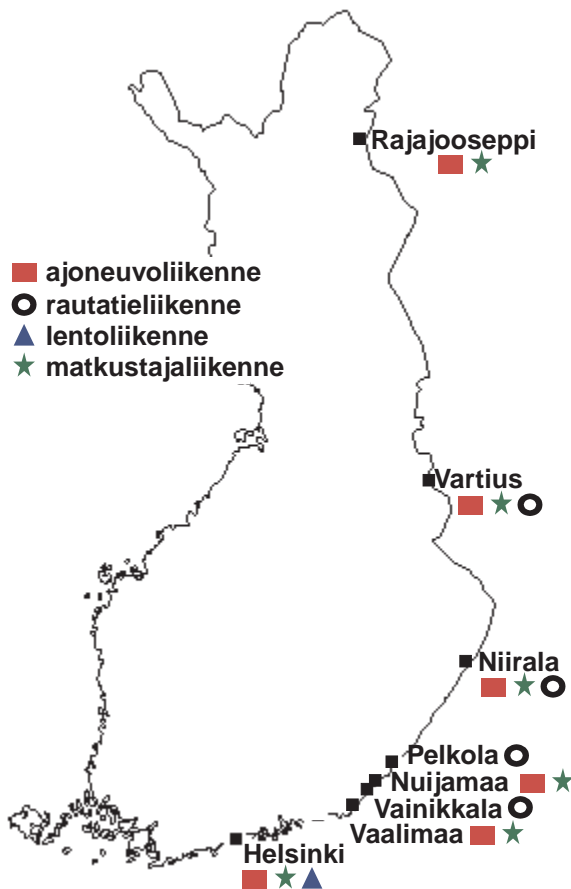
oli saada palautetta järjestelmän käytöstä. Harjoituksessa keskityttiin onnettomuuspäivän aikana tehtävään seurausvaikutusten laskentaan, erityisesti annosarvioihin. Harjoitukseen osallistui 15 maata Euroopasta. STUKista mukana oli viisi henkilöä.

Tanskalaiset kehittävät ARGOS-järjestelmää, joka on käytössä Tanskassa, Irlannissa, Puolassa, Virossa, Liettuassa ja Latviassa. RODOS-järjestelmää on kehitetty EU:n tuella. Se on käytössä Saksassa, Suomessa, Slovakiassa ja Unkarissa sekä testikäytössä useassa Keski- ja Itä-Euroopan valtiossa. RECASS on kehitetty Venäjällä.

Yhteyskokeilut

Vuoden 2002 ensimmäisen neljänneksen aikana STUKin päivystäjä sai yhteensä kahdeksan yhteydenottoa, jotka liittyivät kansainvälisiin yhteyskokeiluihin. Yhteyskokeiluja lähettivät niin virka-aikana kuin virka-ajan ulkopuolellakin Kuolan, Leningradin ja Ignalinan ydinvoimalaitokset, Pietarin valmiuskeskus ja Euroopan komissio. STUKin päivystäjä vastasi yhteyskokeiluihin välittömästi. STUK puolestaan testasi yhteyksiä Pietarin ja Moskovan valmiuskeskuksiin. Yhteyskokeilut perustuvat säteily- ja ydinonnettomuuksien ilmoittamisesta tehtyihin sopimuksiin, joita Suomi on solminut useiden maiden ja kansainvälisten järjestöjen kanssa. Yhteyksiä testataan säännöllisesti.

STUKissa tehtiin maaliskuussa STUKin gsm-puhelinten haltijoille tavoittavuuskokeilu virka-aikana. Puolen tunnin sisällä yhteydenottoon vastasi 82 % testatuista. STUKissa siirryttiin vuoden 2002 alussa gsm-pohjaiseen hälytysjärjestelmään, joka korvasi entisen hakulaitteisiin perustuvan järjestelmän. STUKin henkilökunnan tavoitettavuutta testataan vähintään neljä kertaa vuodessa.



Kuva 8. Tullin kiinteät säteilyvalvontalaitteet.

6 Lähialueen ydinvoimalaitokset

Leif Blomqvist, Marko Hämäläinen

6.1 Käyttötapahtumat

Leningradin ja Kuolan ydinvoimalaitosten käyttötapahtumista raportoidaan puolivuositain aina sen jälkeen, kun laitoksilla työskentelevät Venäjän turvallisuusviranomaisen GANin paikallistarkastajat ovat vierailleet STUKissa. Vierailut toteutetaan kaksi kertaa vuodessa lähialueyhteistyön puitteissa ja niissä käsitellään Kuolan ja Leningradin laitosten käyttöä ja turvallisuusvalvontaa koskevia asioita.

6.2 Lähialueyhteistyö Venäjän ja Baltian maiden ydinturvallisuuden parantamiseksi

Vuonna 2002 STUK jatkaa ulkoasiainministeriön rahoituksella lähialueyhteistyötä Venäjän ja Baltian maiden ydinturvallisuuden parantamiseksi. STUK toimii hankkeiden suomalaisena koordinoijana ja osallistuu toisaalta myös itse turvallisuusviranomaisten tukiohjelman ja osin myös ydinvoimalaitosten parannusohjelmien toteutukseen.

Venäjän ja Suomen kahdenvälinen ydinturvallisuuden yhteistyöohjelma alkoi vuonna 1992. Kymmenvuotisen yhteistyön juhlistamiseksi STUK järjesti 5.2.2002 juhlaseminaarin, jossa kerrottiin Venäjän ydinvoimalaitosten turvallisuuden kehityksestä ja yhteistyön tulevista näkymistä. Venäjältä seminaariin osallistuivat muun muassa Leningradin ja Kuolan ydinvoimalaitosten johtajat sekä ydinturvallisuusviranomaisen

(GAN) pääjohtajan ensimmäinen varamies. Kaikkiaan seminaarissa oli mukana 40 alan asiantuntijaa Pohjoismaista ja Venäjältä. Kymmenvuotisen yhteistyön kunniaksi STUK on julkaissut juhlaulkaisun koko ydinturvallisuussektorin lähialueyhteistyöstä suomeksi ja englanniksi. Julkaisu jaettiin juhlaseminaarin osanottajille.

STUKin ja GANin välinen uusi yhteistyösopimus neuvoteltiin allekirjoituksia vaille valmiiksi. Uusi sopimus kattaa sekä ydinlaitosten turvallisuutta että ydinmateriaalia ja ydinjätettä koskevaa viranomaisvalvonnan yhteistyötä.

STUKissa pidettiin tammikuussa valmisteleva kokous Liettuan Ignalina-ydinvoimalaitoksen paloturvallisuusanalyysin tulosten arvioimiseksi. Analyysi on tehty Ruotsin rahoituksella; STUK avustaa Liettuan ydinturvallisuusviranomasta VATESia analyysin tulosten arvioinnissa.

Venäjän yhteistyöohjelman puitteissa STUKin edustajat olivat asiantuntijoina Moskovassa järjestetyssä ydinterrorismin vastaista toimintaa koskeneessa seminaarissa.

Baltian maiden rajavalvontaviranomaisille järjestettiin ”Radioaktiivisuuden valvonta rajoilla” -kurssi maaliskuussa Helsingissä. Kurssilla luennoitettiin mm. radioaktiivisuus- ja ydinmateriaalivalvonnan sekä säteilyltä suojautumisen perusteista ja järjestettiin radioaktiivisten aineiden etsintäharjoituksia.

7 Merkittäviä tapahtumia muilla ydinvoimalaitoksilla

Matti Ojanen

Reaktoripainesäiliön kannen syöpyminen USA:n Davis-Bessen laitoksella

USA:n Davis-Bessen ydinvoimalaitoksella tarkastettiin 16.2.2002 alkaneessa huoltoseisokissa reaktoripainesäiliön kannessa olevia säätösauvojen läpivientiputkia, koska eräillä muilla vastaavilla laitoksilla oli näissä putkissa havaittu säröjä. Laitosyksikkö on 900 MW:n tehoinen painevesireaktorilaitos, jossa reaktorin tehoa säättävien sauvojen liikuttelemiseen tarvittavien koneistojen nostomekanismit lävistävät reaktoripainesäiliön kannen läpivientiputkien kautta. Putket ovat siis osa painesäiliön painetta kantavaa rajapintaa. Merkkejä säröistä havaittiin kaikkiaan viidessä läpivientiputkessa, joista kolmessa oli jälkiä painetta kantavan rajapinnan läpäisseeistä vuodosta.

Läpivientiputkien korjaus oli tarkoitus tehdä laitteistolla, joka valssaamalla muokkaa ja koneistaa läpivientiputken painesäiliön seinämää vasten. Vuotaneet läpivientiputket sijaitsivat painesäiliön kannen keskustan alueella. Kun yhtä läpivienttiä oltiin korjaamassa, jouduttiin työ välillä keskeyttämään ja laitteisto poistamaan läpivientiputkesta. Tällöin läpivientiputki putosi alkuperäisestä asennostaan jäaden riippumaan kannen yläpuolisesta laipastaan. Putoamisen syiden selvittämiseksi painesäiliön yläpuolisia lämpöeristeitä ja läpivientiputki poistettiin paikaltaan. Kun läpivientikohdan ympäriltä poistettiin vuotaneen primäärijäähdytteen mukana tulleen boorihapon muodostama huokoinen korroosiotuotekerros, noin 150 mm paksussa painesäiliön seinämässä oli nähtävissä läpivientikohtaan liittyvänä syvä onkalo, jonka laajuus yläosasta oli noin 13 × 18 cm. Onkalon pohjalla metallin ainevahvuus oli vain noin 10 mm, mikä vastaa hiiliteräksisen painesäiliön sisäpintaan ruostumattomasta teräksestä hitsatun pinnoitteen paksuutta.

Painesäiliön kannen syöpyminen johtui booria sisältävän primäärijäähdytteen pitempiaikaisesta

ta vuotamisesta joko läpivientiputkessa olleesta säröstä tai putkessa ylempänä olevista laippatievisteistä painesäiliön kannen ulkopinnalle. Reaktorin tehonsäätöä varten primäärijäähdytteessä on boorihappoa. Hiiliteräksen suojaamiseksi boorihapon vaikutuksilta reaktoripainesäiliö vuorataan yleensä ruostumattomasta teräksestä valmistetulla pinnoitteella. Laimea boorihappo ei ole hiiliterästä syövyttävää. Kun boorihappoa sisältävä vesi vuotaa painesäiliön kuumalle ulkopinnalle, haihtuu siitä vettä ja samalla liuos väkevöityy. Väkevä boorihappo, jopa kiteytyneessä muodossa, syövyttää hapettavissa olosuhteissa voimakkaasti hiiliterästä. Esimerkkejä tällaisista tapahtumista on havaittu aikaisemminkin useilla painevesilaitoksilla.

Davis-Besse-laitoksen primäärijäähdytteen alkuperäistä vuotoreittia ei vielä ole pystytty tunnistamaan ja lisäksi on epäselvää milloin vuoto on alkanut. Syöpyneen alueen suuruuden perusteella arvioidaan vuodon kuitenkin jatkuneen useita vuosia. Mikäli reaktoripainesäiliön kanteen olisi syöpmisen seurauksena syntynyt repeämä, se olisi jäänyt pinta-alaltaan niin pieneksi, että hätäjäähdytysjärjestelmät olisivat olleet riittäviä reaktorin jäähdyttämiseksi turvalliseen tilaan. Tapahtuma on luokiteltu INES-asteikolla luokkaan 3.

Toimenpiteet Loviisan laitoksella vastaavan tapahtuman estämiseksi

Loviisan laitosyksiköt ovat tyypiltään myös painevesireaktoreita, joten vastaavan tyyppiset ongelmat ovat periaatteessa mahdollisia myös siellä. Loviisan reaktoripainesäiliöiden kannet ovat kuitenkin rakenteeltaan erilaisia verrattuna Davis-Bessen laitokseen. Loviisan laitoksella säätösauvojen suojaputkien läpiviennit ovat kaksoisputkirakenteita: hiiliteräksisen ulomman putken sisällä on ruostumattomasta teräksestä valmis-

tettu sisäputki. Davis-Bessen laitoksen läpivientinä on nikkelipohjaisesta Inconel 600 -materiaalista valmistettu putki, jossa on useilla laitoksilla havaittu alttiutta säröilyyn. Loviisan laitoksella on myös painesäiliön kannen ulkopinnalle sulatettu hitsaamalla suojakerros ruostumatonta terästä samalla tavoin kuin koko painesäiliön sisäpinnallekin.

Loviisan laitossyksiköiden reaktoripainesäiliöiden kansien läpivientiputket on tarkastettu vuosina 1996 ja 1998 visuaalisin sekä pyörrevirta- ja ultraäänimenetelmin. Loviisan laitossyksiköillä tehdään reaktorin käynnin aikana painesäiliön yläpuolisissa tiloissa säännöllisesti tarkastuskierrokset, joissa mahdolliset vuodot voidaan havaita

kiteytyneen boorihapon jättäminä jälkinä. Lisäksi painesäiliön yläpuolista ilmatilaa valvotaan aktiivisuusmittauksin, joilla havaitaan pienetkin vuodot. Loviisan laitossyksiköiden painesäiliöiden kansien päällä on LECA-soratyyppinen lämpöeriste, joten myöskään siellä ei säiliön ulkopinta ole suoraan näkyvissä. Laitoksella on päätetty, että vuoden 2002 huoltoseisokeissa tarkastetaan kummallakin laitossyksiköllä kansirakenteiden ulkopinnat. Tarkastuksia varten kansien lämpöeriste poistetaan.

STUK seuraa Davis-Bessen laitoksella tapahtuneen syöpymän perussyiden selvitystä ja USA:n viranomaisen edellyttämiä toimenpiteitä.

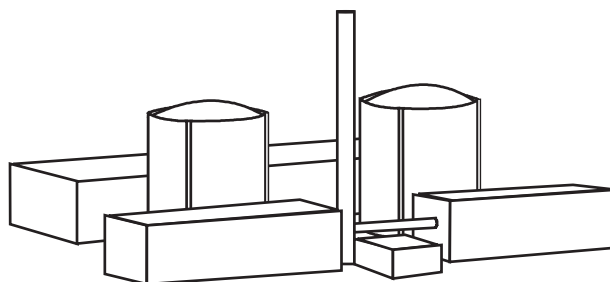
LIITE 1

YDINVOIMALAITOSTEN VALVONTA

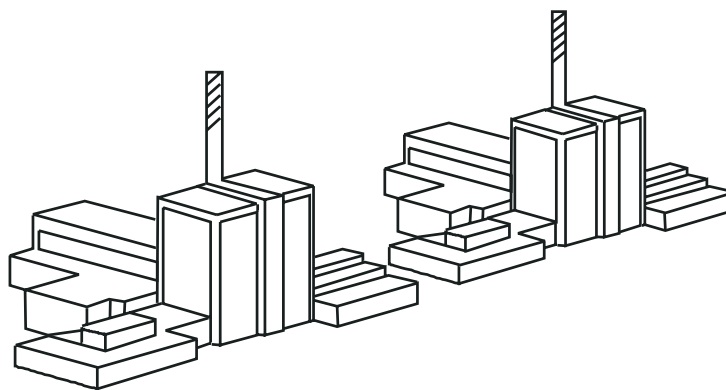
<i>Valtioneuvoston päätökset</i>	Säteilyturvakeskuksen valvonnan ja tarkastustoiminnan kohteet
<i>Periaatepäätös</i>	<p>Ydinvoimalaitoshankkeen valmistelu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alustavat laitossuunnitelmat ja turvallisuusperiaatteet • Sijaintipaikka ja ympäristövaikutukset • Ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon järjestäminen
<i>Rakentamislupa</i>	<p>Suunnittelu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alustava turvallisuusseloste laitoksen suunnitellusta rakenteesta ja toiminnasta sekä alustavat turvallisuusanalyysit • Laitteiden ja rakenteiden turvallisuusluokittelu • Laadunvarmistussuunnitelma • Ydinpolttoaine- ja ydinjätehuoltoa koskevat suunnitelmat • Turva- ja valmiusjärjestelyt
<i>Käyttölupa</i>	<p>Rakentaminen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laitteiden ja rakenteiden rakennesuunnitelmat, valmistajat, lopullinen rakenne ja asennus paikoilleen • Järjestelmien toimintakokeet • Lopullinen turvallisuusseloste laitoksen rakenteesta ja toiminnasta ja lopulliset turvallisuusanalyysit • Todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi • Käyttöorganisaatio ja sen pätevyys • Turvallisuustekniset käyttöehdot • Ydinpolttoainehuolto ja ydinmateriaalivalvonta • Ydinjätehuollon menetelmät • Turva- ja valmiusjärjestelyt
	<p>Käyttö</p> <ul style="list-style-type: none"> • Koekäyttö eri tehotasoilla • Laitteiden ja rakenteiden kunnossapito, tarkastukset ja testaukset • Järjestelmien ja koko laitoksen käyttö • Käyttöorganisaatio ja johtaminen • Henkilökunnan koulutus • Henkilöiden pätevyys • Poikkeukselliset käyttötapaukset • Korjaus- ja muutostyöt • Uudet polttoainelataukset • Ydinpolttoainehuolto ja ydinmateriaalivalvonta • Ydinjätehuolto • Säteilysuojelu ja ympäristön turvallisuus • Turva- ja valmiusjärjestelyt • Palontorjunta

LIITE 2

YLEISTIEDOT SUOMEN YDINVOIMALAITOKSISTA



Laitos- yksikkö	Käynnistys	Kaupallinen käyttö	Nimellissähköteho, (brutto/netto, MW)	Tyyppi, toimittaja
Loviisa 1	8.2.1977	9.5.1977	510/488	Painevesireaktori (PWR), Atomenergoexport
Loviisa 2	4.11.1980	5.1.1981	510/488	Painevesireaktori (PWR), Atomenergoexport



Laitos- yksikkö	Käynnistys	Kaupallinen käyttö	Nimellissähköteho, (brutto/netto, MW)	Tyyppi, toimittaja
Olkiluoto 1	2.9.1978	10.10.1979	870/840	Kiehutusvesireaktori (BWR), Asea Atom
Olkiluoto 2	18.2.1980	1.7.1982	870/840	Kiehutusvesireaktori (BWR), Asea Atom

Fortum Power and Heat Oy omistaa Loviisassa sijaitsevat Loviisa 1 ja 2 -laitosyksiköt ja Teollisuuden Voima Oy Eurajoen Olkiluodossa sijaitsevat Olkiluoto 1 ja 2 -laitosyksiköt.

LIITE 3

STUKIN VALMIUSTOIMINTA

Ydinräjäytys tai vakava ydinvoimalaitosonnettomuus Suomessa tai lähialueella voi aiheuttaa säteilyvaaratilanteen, jonka seuraukset pahimmassa tapauksessa vaikuttavat koko yhteiskuntaan. Eri viranomaisten vastuualueiden ja tehtävien selkeä jako on olennaista tilanteen aiheuttamien haittojen torjunnassa.

- Suomessa STUK ottaa vastaan kaikki säteilyyn liittyvät hälytykset ja ilmoitukset. Viestien vastaanottaminen on varmistettu ympäri-vuokautisella päivystyksellä. Toiminta käynnistyy 15 minuutissa.
- STUK muodostaa tilannekuvan onnettomuudesta ja säteilytasoista, määrittää vaara-alueen ja arvioi tilanteen aiheuttamat haitalliset vaikutukset väestölle ja ympäristölle sekä antaa suositukset suojelutoimista.
- STUK välittää tietoa tilanteesta koti- ja ulkomaisille yhteistyötahoille ja tiedotusvälineille.
- STUK neuvoo muun muassa teollisuutta, kauppaa sekä liikenne- ja tulliviranomaisia haittavaikutusten vähentämisessä ja selvittää tarpeen elintarvikkeiden käyttörajoituksille.
- STUK vastaa säteilyasiantuntemukseen liittyvästä kansainvälisestä avusta.

Ydinlaitostapahtumien kansainvälinen vakavuusasteikko (INES)